

ANALISIS KEANDALAN PADA SHAFT SEAL TURBIN  
STUDI KASUS UNIT PLTA MUSI KEPAHIANG-BENGKULU)  
Zuliantoni

PERANCANGAN SISTEM ONLINE AUCTION PADA PERUM PEGADAIAN PEKANBARU  
Susandri

SISTEM INFORMASI PEMINJAMAN BUKU PADA KANTOR PERPUSTAKAAN, ARSIP DAN  
DOKUMENTASI DAERAH KABUPATEN KEPAHIANG  
Sapri

MEMBANDINGKAN ROUTING PROTOCOL OSPF DAN RIP UNTUK MEMPEROLEH JALUR  
TERPENDEK DENGAN MENGGUNAKAN OPNET MODELER 14.0  
Dwi Haryono

KARAKTERISTIK DINAMIS BAHAN KOMPOSIT SERAT KACA-RESIN  
Ahmadin

ANALISIS KERUGI ALIRAN (HEAD LOSSES) PADA INSTALASI PEMIPAAN DARI  
DEAERATOR KE TOP WATER BOILER TANK  
Angky Puspawan

PERBANDINGAN ALGORITMA RUN LENGTH, HALF-BYTE, HUFFMAN UNTUK  
PEMAMPATAN(COMPRES) FILE  
Sastia Hendri Wibowo

SISTEM PRAKIRAAN CUACA DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE FUZZY LOGIC  
Kirman

SISTEM PENGIRIMAN DIGITAL DALAM BENTUK NILAI SUHU  
Yulia Darmi

MENENTUKAN KARAKTERISTIK POMPA SENTRIFUGAL  
Nihaman



## Kata Pengantar

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, karena atas Rahmat dan HidayahNya, Jurnal Ilmiah Volume 3 Nomor 2 Bulan April Tahun 2011 ini dapat diterbitkan. Jurnal Ilmiah ini bernama Telematik yang berarti Teknik *ELE*ktro, teknik infor*MAT*ika, s*I*stem informasi dan *K*omputer akuntansi yang diterbitkan oleh Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Bengkulu.

Dengan diterbitkannya Jurnal Ilmiah Telematik ini diharapkan dapat bermanfaat dalam perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. Berkenaan dengan harapan tersebut kepada para peneliti produktif dan staf pengajar yang memiliki hasil-hasil penelitian untuk dapat kiranya mengirimkan naskah ringkasannya untuk dimuat pada Jurnal Ilmiah Telematik ini dengan mengikuti ketentuan sebagaimana yang telah ditetapkan oleh pihak dewan redaksi.

Akhirnya tak lupa kami mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penerbitan Jurnal Ilmiah Telematik ini.

*Wasalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Bengkulu, April 2011

Dewan Redaksi



JURNAL

**TELEMATIK**

VOLUME 3 NOMOR 2 APRIL 2011

**Visi**

Sebagai media yang dapat memberikan  
Sumbangan terhadap perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi

**Misi**

Dapat menyumbangkan dan menyebarkan berupa Hasil penelitian (*research*) Maupun hasil kajian,  
Pendapat dan pemikiran dalam bidang Ilmu Pengetahuan dan Teknologi

**Pelindung / Penasehat**

Dr. H. Khairil, M.Pd  
(Rektor Universitas Muhammadiyah Bengkulu)

**Penanggung Jawab**

Ir. Yukiman Armadi, M.Si  
(Dekan Fakultas Teknik)

**Penyunting Ahli**

Dr. Bahrin, M.Si  
Ir. Z. Hartawan, MM, DM

**Pimpinan Redaksi**

Sastia H. Wibowo, S.Kom, M.Kom

**Sekretaris Redaksi**

Yulia Darmi, S.Kom, M.Kom

**Staf Redaksi**

Diana, S.Kom

**Distribusi dan Pemasaran**

Dedy Abdullah, ST

**Penerbit**

Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Bengkulu

**Alamat Redaksi**

Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Bengkulu  
Jl. Bali Po. Box 118 Bengkulu  
Telp. 0736-22765, Fax. 0736-26161  
Email : jurnalilmiahtelematik@gmail.com

**Frekuensi Terbit**

4(Empat) kali setahun



**DAFTAR ISI**

1. ANALISIS KEANDALAN PADA *SHAFT SEAL TURBIN*  
(STUDI KASUS UNIT PLTA MUSI KEPAHIANG-BENGKULU)  
Zuliantoni 733 – 742
2. PERANCANGAN SISTEM *ONLINE AUCTION* PADA PERUM  
PEGADAIAN PEKANBARU  
Susandri 743 – 751
3. SISTEM INFORMASI PEMINJAMAN BUKU PADA KANTOR  
PERPUSTAKAAN, ARSIP DAN DOKUMENTASI  
DAERAH KABUPATEN KEPAHIANG  
Sapri 752 – 759
4. MEMBANDINGKAN ROUTING PROTOCOL OSPF DAN RIP  
UNTUK MEMPEROLEH JALUR TERPENDEK DENGAN  
MENGUNAKAN OPNET MODELER 14.0  
Dwi Haryono 760 – 769
5. SIFAT-SIFAT DINAMIS BAHAN KOMPOSIT SERAT KACA-  
RESIN  
Ahmadin 770 – 774
6. ANALISA RUGI-RUGI ALIRAN (*HEAD LOSSES*) PADA  
INSTALASI PEMIPAAN DARI *DEAERATOR* KE *TOP WATER*  
*BOILER TANK*  
Angky Puspawan 775 – 786
7. PENERAPAN ALGORITMA RUN LENGTH, HALF-BYTE,  
HUFFMAN UNTUK PEMAMPATAN(COMPRES) FILE  
Sastia Hendri Wibowo 787 – 791
8. SISTEM PRAKIRAAN CUACA DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE FUZZY LOGICIO  
Kirman 792 – 799
9. SISTEM PENGIRIMINAN DIGITAL DALAM BENTUK NILAI  
SUHU  
Yulia Darmi 800 – 807
10. MENENTUKAN KARAKTERISTIK POMPA SENTRIFUGAL  
Niharman 808 – 811



## ANALISA RUGI-RUGI ALIRAN (HEAD LOSSES) PADA INSTALASI PEMIPAAN DARI DEAEATOR KE TOP WATER BOILER TANK

Oleh : Angky Puspawan

### ABSTRACT

PT. Agra Sawtindo represent the factory of producer CPO (Crude Palm Oil). To conduct the bait water from daerator to the top tank boiler by a centrifugal pump which aim to to boost up the pressure irrigate, so that water can make a move continually go to the top water boiler tank.

Pipe system (plumbing system) playing a part very important in good channelling fluid gas, oil, and also water. In operation of pipe system shall be paid attention by losses that happened in the pipe system. Losses that happened in pipe system very having an effect on that goodness to, fluid flow velocity, capacities of fluid flow and or to energy pump to conduct the fluid.

To calculate the major loss and minor loss used the equation of Darcy Weisbach can usable and knowable in the end head pump to conduct the water with  $40 \text{ m}^3/\text{h}$  the stream debit. From calculation got by a major lossy value  $4,007 \text{ m}$  and minor  $2,580 \text{ m}$  by head pump  $19,684 \text{ m}$ .

**Keywords :** head losses, centrifugal pump, darcy weisbach.

### LATAR BELAKANG

Pada proses pengaliran air dibutuhkan beberapa komponen penting, antara lain: pompa dan motor listrik. Untuk memindahkan cairan (fasa cair) dari suatu tempat ke tempat lain, atau dari tekanan rendah ke tekanan yang lebih tinggi diperlukan suatu peralatan atau mesin yang bisa menaikkan energi cairan tersebut. Untuk fluida kerja yang fasanya cair, digunakan pompa sebagai alat untuk memindahkan fluida kerjanya. Untuk fluida yang fasanya berupa gas, digunakan kompresor untuk memindahkan fluida kerjanya.

Pompa adalah suatu mesin konversi energi yang berfungsi memindahkan fluida zat cair dimana dalam prosesnya terjadi perubahan tekanan.

Dalam proses produksinya didukung oleh mesin pompa jenis sentrifugal untuk memindahkan fluida (air) dari satu tempat ke tempat yang lain dengan adanya perbedaan tekanan. Pompa merupakan salah satu komponen yang sangat penting dalam suatu pabrik. Pada faktanya fluida kerja dalam sebuah pabrik sangat banyak digunakan, yang artinya penggunaan pompa sangatlah penting dalam sebuah pabrik.

PT. Agra Sawitindo menggunakan pompa sentrifugal yang bertujuan untuk mengalirkan fluida kerja (air) dari *deaerator* ke *top water boiler tank* sehingga ketersediaan air umpan di *top water boiler tank* terjaga.

Beberapa masalah yang timbul dalam sistem pengaliran air ini mengakibatkan debit air pada air umpan *boiler* menurun yang dapat mengakibatkan jumlah uap berkurang. Masalah-masalah yang timbul ini disebabkan oleh tinggi aliran pipa, belokan-belokan pipa serta adanya gesekan air dengan pipa aliran (rugi-rugi aliran). Rugi-rugi aliran yang diketahui merupakan hal yang penting dan sebagai indikator utama performansi (kinerja) pompa sentripugal dalam menyuplai ketersediaan air secara efektif (*head total*).



## TINJAUAN PUSTAKA

### Dasar Teori Aliran Fluida

Fluida merupakan suatu zat yang tidak mampu menahan tegangan geser yang dikenakan kepadanya. Fluida akan bergerak dan akan berubah bentuk secara terus menerus selama tegangan tersebut masih bekerja. Fluida dapat digolongkan menjadi dua macam, yaitu fluida gas dan fluida cair. Fluida cair dengan kapasitas yang besar mengandung energi yang dapat dimanfaatkan dengan cara mengkonversikan ke dalam bentuk energi lain, melalui sistem yang mendukungnya seperti turbin yang bisa menghasilkan energi listrik. Fluida cair terdiri atas molekul-molekul yang tetap rapat dengan kohesifitas relatif kuat dan cenderung mempertahankan volumenya dan membentuk medan bebas dalam medan gravitasi, jika tidak tertutup di atasnya. Sebaliknya gas dengan jarak molekul-molekulnya yang besar dan gaya kohesif yang terabaikan, akan memuai dengan bebas sampai tertahan dengan dinding yang melingkunginya.

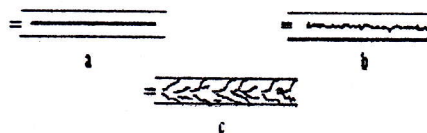
Di dalam teori fluida dikenal beberapa istilah yang sering dipakai mengenai sifat dan keadaan fluida, antara lain:

- Fluida inkompresibel adalah fluida yang mempunyai massa jenis tetap pada setiap kondisi
- Fluida kompresibel adalah fluida yang mempunyai massa jenis tidak tetap
- Fluida ideal adalah fluida yang mempunyai viskositas sama dengan nol
- Aliran stasioner adalah aliran fluida dengan sifat tidak berubah terhadap waktu
- Aliran seragam adalah aliran fluida yang mempunyai kecepatan sama disetiap titik medan aliran

### Aliran Kental dalam Pipa

Dalam mekanika fluida, ada tiga bentuk aliran tanpa mengabaikan kekentalan dan ketakmampatan fluida. *Reynolds* telah mengklasifikasikan aliran fluida berdasarkan percobaan yang telah dilakukannya, yaitu:

- Aliran laminar disebut juga aliran berlapis, partikel fluida bergerak sepanjang garis alir yang seragam secara paralel, dengan bilangan *Reynolds* ( $Re$ )  $\leq 2300$ . Jika alirannya berlapis atau laminar, kadang-kadang bisa terjadi gangguan-gangguan yang wajar yang akan teredam dengan cepat (gambar 2.1a).
- Aliran transisi didefinisikan sebagai keadaan fluida yang beranjak dari laminar berubah menjadi turbulen, dengan bilangan *Reynolds* ( $Re$ ) antara 2300 dan 4000. Jika transisi sedang terjadi, dengan bertambahnya bilangan *Reynolds* fluktuasi golongan (turbulen) akan membersit dengan tajam (gambar 2.1b).
- Aliran turbulen dinamakan juga aliran bergolak yang dicirikan dengan kecepatan yang berfluktuasi secara acak, dengan bilangan *Reynolds* ( $Re$ )  $\geq 4000$ . Pada nilai  $Re$  yang cukup besar, aliran akan terus menerus bergolak (gambar 2.1c) dan disebut bergolak penuh.



Gambar 1. (a). Aliran berlapis,  $Re$  rendah (b). Transisi,  $Re$  sedang (c). Aliran bergolak,  $Re$  tinggi



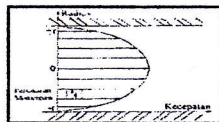
Dengan harga bilangan *Reynolds* yang tergantung dari skala kecepatan  $V$  dan skala panjang  $L$  atau diameter penampang  $d$  untuk aliran yang bersangkutan serta viskositas kinematik fluida  $\nu$ . Rumus bilangan *Reynolds* ( $Re$ ) adalah:

$$Re = \frac{V \cdot L}{\nu} = \frac{V \cdot d}{\nu} = \frac{\text{gaya inersia} \dots (2.1)}{\text{gaya viskos}}$$

dimana:  $Re$  = Bilangan *Reynolds*  
 $V$  = kecepatan aliran (m/s)  
 $L$  = panjang pipa (m)  
 $\nu$  = viskositas kinematik ( $m^2/s$ )  
 $d$  = diameter pipa (m)

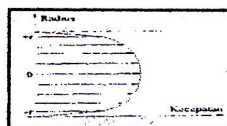
### Profil Aliran Dalam Pipa

Di dalam pipa partikel fluida bergerak dengan kecepatan berbeda pada jari-jari yang berbeda. Gerakan relatif ini dimulai dari nol sampai maksimum di pusat lingkaran pipa. Ini disebabkan oleh pertukaran momentum dan gaya geser yang berurutan terjadi antara lapisan fluida yang berdekatan. Pada aliran laminar, profil kecepatan ini diperkirakan berbentuk parabola, seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.2 berikut ini.



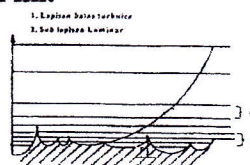
Gambar 2. Profil aliran laminar pada pipa

Dengan bertambahnya bilangan *Reynolds* sampai melewati harga kritisnya, maka pertukaran momentum di antara lapisan fluida bertambah besar, berubah sedikit demi sedikit dari skala mikro dalam keadaan laminar menjadi skala makro pada aliran yang sepenuhnya turbulen. Gerakan semacam ini cenderung untuk meratakan profil kecepatan seperti diperlihatkan pada gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 3. Profil aliran turbulen pada pipa

Kecepatan fluida adalah nol pada dinding pipa, maka aliran didekatnya adalah laminar dan di daerah ini pada umumnya disebut sebagai lapisan batas. Untuk kondisi seperti gambar 2.2 dimana seluruh bidang aliran adalah laminar, maka lapisan terbentuk sampai pusat pipa, hal ini menyebabkan profil kecepatan sebagai parabola. Tetapi sebaliknya untuk kasus yang diterangkan pada gambar 2.3 lapisan batas tetap tipis. Pada kenyataannya sering dianggap terbentuk dua lapisan, sub lapisan laminar yaitu yang paling dekat dengan dinding dan lapisan batas turbulen yang lebih tebal dimana pertukaran momentum terjadi terutama disebabkan oleh gerakan relatif makro fluida. Fenomena ini diterangkan dengan jelas pada gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 4. Permukaan dinding dalam pipa



Seperti terlihat pada gambar di atas, ketebalan dari sub lapisan ini mempunyai ukuran orde yang sama dengan ukuran kekasaran dinding pipa tersebut. Hal ini secara teliti dapat menunjukkan bahwa faktor utama yang menunjang terjadinya kehilangan energi disebabkan oleh gesekan dan diukur dengan penurunan tekanan di sepanjang arah aliran.

Kesimpulannya, kekurangan energi dapat diterangkan secara sederhana dengan menyelidiki faktor gesekan, bilangan *Reynolds* dan perbandingan kekasaran relatif diseluruh rejim aliran.

Aliran viskos adalah aliran zat cair yang mempunyai kekentalan (viskositas). Viskositas terjadi pada temperatur tertentu. Tabel 2.1 memberikan sifat air (viskositas kinematik) pada tekanan atmosfer dan beberapa temperatur. Kekentalan adalah sifat zat cair yang dapat menyebabkan terjadinya tegangan geser ( $\tau$ ) pada waktu bergerak. Tegangan geser ini akan mengubah sebagian energi aliran dalam bentuk energi lain seperti panas, suara, dan sebagainya. Perubahan bentuk energi tersebut menyebabkan terjadinya kehilangan energi.

Suhu (°C)	Viskositas Kinematik ( $\nu$ ), ( $m^2/s$ )	Suhu (°C)	Viskositas Kinematik ( $\nu$ ), ( $m^2/s$ )
0.0	$1.795 \times 10^{-6}$	50.0	$0.556 \times 10^{-6}$
5.0	$1.519 \times 10^{-6}$	60.0	$0.477 \times 10^{-6}$
10.0	$1.308 \times 10^{-6}$	70.0	$0.415 \times 10^{-6}$
20.0	$1.007 \times 10^{-6}$	80.0	$0.367 \times 10^{-6}$
30.0	$0.804 \times 10^{-6}$	90.0	$0.328 \times 10^{-6}$
40.0	$0.661 \times 10^{-6}$	100.0	$0.296 \times 10^{-6}$

Tabel 1. Viskositas kinematik air pada temperatur tertentu

### Persamaan Bernoulli

Persamaan Bernoulli merupakan persamaan yang diterapkan dalam analisis mekanika yang melibatkan tekanan, kecepatan dan ketinggian aliran. Persamaan yang dinyatakan dalam keadaan aliran stedi seperti berikut ini:

$$\frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + z = \text{tetap} \dots (2.2)$$

Keadaan aliran yang *steady* didefinisikan bahwa kecepatan aliran tidak berubah terhadap. Hukum *Bernoulli* seperti pada persamaan di atas, berlaku dalam keadaan aliran diidealisasikan :

- Aliran *steady*
- Kerapatan aliran konstan ( $\rho = C$ )
- Tanpa melibatkan kerja dan pemindahan kalor
- Sepanjang garis alir yang seragam
- Tidak mengalami tegangan geser

Dalam keadaan yang khusus, suatu aliran tunak melalui sebuah tabung aliran dengan usaha poros dan gesekan, seperti menggunakan pompa, turbin ataupun suatu penukar panas, dengan demikian persamaan *Bernoulli* menjadi:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 \dots (2.3)$$

Persamaan *Bernoulli* ini juga dapat digunakan untuk menghitung *head* pompa. Dimana *head* pompa yang dibutuhkan adalah *head netto* yang diperlukan untuk menaikkan fluida (*olien*) ke *Top Tank*. Kerugian *head* yang timbul



disepanjang aliran akan mempengaruhi besarnya *head* pompa yang dibutuhkan. Untuk menghitung besarnya *head* pompa yang dibutuhkan, digunakan persamaa:

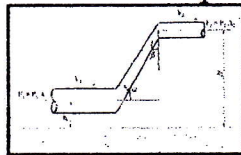
$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + \Sigma(h_f + h_m) - h_p \dots (2.4)$$

$$> \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + h_p = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + \Sigma(h_f + h_m)$$

$$> h_p = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + z_2 - z_1 + \Sigma(h_f + h_m)$$

Gambar 5 menggambarkan perbedaan kecepatan dan perbedaan hulu elevasi pada penampang 1 dan penampang 2. Pengaruh sudut belokan menyebabkan adanya rugi-rugi aliran, berbagai macam belokan serta nilai konstanta rugi-rugi alirannya.

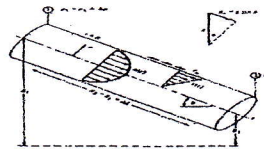
Perubahan diameter pipa yang berangsur-angsur menyebabkan terjadinya rugi aliran. Variabel  $C_p$  yang lebih besar berarti penampilan pembaur yang baik.



Gambar 5. Persamaan Bernoulli

### Rugi Hulu Aliran/Rugi Mayor Aliran

Rugi-rugi hulu aliran diartikan sebagai perubahan hulu tekanan dan hulu gravitasi, terjadinya perubahan tinggi GDE (Garis Derajat Energi) dan GDH (Garis Derajat Hidrolik), kecuali bila aliran melewati sumber, seperti pompa atau penukar kalor, maka harga-harga tersebut akan meningkat. Salah satu keadaan terlihat pada gambar 6.



Gambar 6. Volume kendali aliran yang telah berkembang penuh dalam sebuah pipa

Dalam analisis volume kendali, aliran antara penampang 1 dan 2 yang diamati pada pipa memiliki persamaan kontinuitas sebagai berikut:

$$Q_1 = Q_2 = \text{kons tan} \quad (2.5)$$

$$V_1 = \frac{Q_1}{A_1}; V_2 = \frac{Q_2}{A_2} \dots (2.6)$$

Persamaan Energi untuk penampang 1 dan penampang 2 dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + gz_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + gz_2 + gh_s + gh_f \dots (2.7)$$

Keadaan aliran yang telah dianggap berkembang penuh, tanpa efek usaha poros atau penukar kalor, dan kecepatan yang diasumsikan sama ( $v_1 = v_2$ ), maka didapatkan persamaan rugi-rugi hulu :

$$h_f = \left( z_1 + \frac{P_1}{\rho g} \right) - \left( z_2 + \frac{P_2}{\rho g} \right) \dots (2.8)$$

Dengan analisis dimensi, diperoleh suatu hubungan yang menyatakan bahwa:



$$f = F\left(R_e, \frac{\epsilon}{d}\right) \dots \dots \dots (2.9)$$

Hubungan antara faktor gesekan *Darcy* ( $f$ ), bilangan *Reynold* ( $Re$ ) dan koefisien kekasaran permukaan pipa  $\epsilon$  dinyatakan pada Diagram *Moody*.

Substitusi persamaan di atas akan menghasilkan suatu persamaan yang menyatakan rugi-rugi aliran yang diakibatkan gesekan aliran fluida dengan saluran yang menyebabkan penurunan tekanan, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$h_f = f \left( \frac{L}{d} \right) \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (2.10)$$

dengan  $h_f$  = head losses mayor (m)

Persamaan di atas dikemukakan oleh *Darcy Weisbach*, berlaku analisa mekanika fluida aliran berlapis dan bergolak.

### Rugi Kecil Aliran/Rugi Minor Aliran

Selain dari rugi hulu dan usaha poros seperti turbin yang mengakibatkan penurunan tekanan aliran dalam pipa, penurunan tekanan juga disebabkan oleh pemasangan komponen jaringan pemipaan, yang digolongkan sebagai rugi kecil aliran. Rugi-rugi tersebut dipengaruhi oleh:

- Diameter pipa masukan dan pipa keluaran
- Pemuaian atau penyusutan penampang pipa (penampilan pembaur)
- Pembesaran (ekspansi) dan pengecilan (konstraksi) penampang pipa
- Kelokan, siku dan sambungan
- Katup

Besar penurunan tekanan dapat diatur dengan mengatur bukaan katup dimana penurunan tekanan aliran berbanding terbalik dengan besar bukaan katup.

Rugi-rugi kecil juga diikut sertakan dengan panjang ekivalen ( $L_s$ ) dan dihubungkan dengan faktor gesekan *Darcy*, seperti pada penjabaran berikut:

$$h_m = f \frac{L_s}{d} \frac{V^2}{2g} = K \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (2.11)$$

Sehingga panjang ekivalen adalah:

$$L_s = \frac{K \cdot d}{f} \dots \dots \dots (2.12)$$

Rugi Minor merupakan jumlah dari Rugi Minor keseluruhannya untuk diameter penampang yang sama. Maka persamaan *darcy* dijabarkan dengan persamaan sbb. :

$$h_m = \sum K \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (2.13)$$

dengan  $h_m$  = head losses (m)

$\sum K$  = jumlah konstanta rugi kecil

Dalam suatu jaringan pemipaan selalu mengalami rugi hulu dan banyak rugi-rugi kecil, sehingga rugi-rugi total yang terjadi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$h_{tot} = h_f + \sum h_m \dots \dots \dots (2.14)$$

dengan  $h_{tot}$  = head losses total (m)

$h_f$  = head losses mayor (m)

$h_m$  = head losses minor (m)

Persamaan di atas dapat dikembangkan menjadi:

$$h_{tot} = \frac{V^2}{2g} \left( \frac{f \cdot L}{d} + \sum K \right) \dots \dots \dots (2.15)$$

Persamaan di atas berlaku jika ukuran diameter dan kekasaran pipa sepanjang jaringan adalah sama. Panjang  $L$  yang dimaksud adalah panjang total



sumbu pipa, termasuk setiap kelokannya. Sementara pada jaringan yang terdapat perbedaan diameter pipa, harus dilakukan penjumlahan rugi berdasarkan ukuran pipa, karena dalam diameter dan kekasaran pipa yang berbeda akan menyebabkan perubahan kecepatan aliran fluida.

### Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal adalah pompa yang menggunakan prinsip tenaga sentrifugal dalam operasinya. Tenaga ini bekerja pada semua bagian yang berputar pada suatu sumbu. Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar baling-baling yang disebut impeler di dalam fluida. Maka fluida yang ada di dalam impeler oleh dorongan sudu-sudu ikut berputar. Karena timbulnya gaya sentrifugal maka fluida mengalir di tengah impeler keluar melalui saluran diantara sudu-sudu. Di sini head tekanan fluida menjadi lebih tinggi. Demikian juga head kecepatannya bertambah besar karena zat cair mengalami percepatan. Fluida yang keluar dari impeler dan disalurkan keluar pompa melalui *nozel*. Di dalam *nozel* ini sebagian head kecepatan aliran diubah menjadi *head* tekanan.

Jadi impeler pompa berfungsi memberikan kerja kepada fluida sehingga energi yang dikandungnya menjadi lebih besar. Selisih energi persatuan berat atau *head* total zat cair antara pipa hisap (*suction*) dan pipa buang (*discharge*) pompa disebut *head* total pompa.

## METODE PENELITIAN

### Teknik Pengumpulan Data

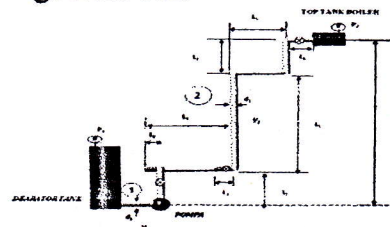
Dalam penelitian ini, pengumpulan data dilakukan dengan cara mengamati proses pemindahan fluida kerja fasa cair pada pompa sentrifugal secara langsung/visual dari *deaerator* menuju *top tank boiler*. Pengambilan data dilakukan selama 2 hari dengan jarak waktu 1 jam dan diambil rata-rata. Data yang dibutuhkan dapat dilihat/diperoleh dari alat pengukuran, dimensi dan karakteristik pemipaan dan komponen-komponen alat yang menentukan adanya rugi-rugi aliran. Untuk memudahkan dalam pengambilan data, maka dibuat sebuah matriks data dengan 6 komponen data yaitu : pengukuran debit aliran ( $Q$ ), panjang pipa ( $L$ ), diameter pipa masuk ( $d_1$ ), diameter pipa keluar ( $d_2$ ), tekanan masuk pompa ( $P_1$ ) dan tekanan keluar pompa ( $P_2$ ).

### Skema Titik-titik Pengukuran

Data yang diambil pada turbin diukur pada titik 1 (Keadaan masukan pompa; dari *deaerator* ke pompa sentrifugal) dan titik 2; dari pompa sentrifugal ke *top tank boiler*). Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada gambar 3.1.

#### Keterangan:

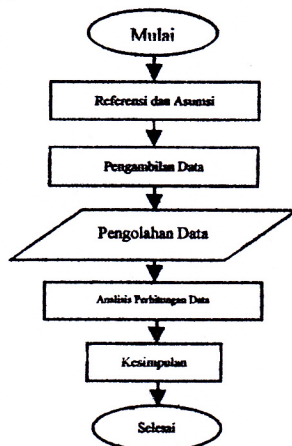
$L_1 = 1,2 \text{ m}$   $L_2 = 6 \text{ m}$   $L_3 = 16,5 \text{ m}$   
 $L_4 = 6 \text{ m}$   $L_5 = 10 \text{ m}$   $L_6 = 1 \text{ m}$   
 $L_7 = 0,8 \text{ m}$   $L_8 = 0,5 \text{ m}$   $d_1 = 5 \text{ inci}$   
 $d_2 = 3 \text{ inci}$   $P_1 = 1,05 \text{ Bar}$   $P_2 = 1,1 \text{ Bar}$   
 $V_1 = 0,8730 \text{ m}^3/\text{s}$   $\Delta z = 12 \text{ m}$   
 $V_2 = 2,3960 \text{ m}^3/\text{s}$   $\otimes = \text{katup}$



Gambar 7. Skema Titik-titik Pengukuran D. Diagram Alir Penelitian



Tujuan pembuatan diagram alir adalah agar sebuah kegiatan dapat berjalan secara sistematis sesuai dengan yang sudah direncanakan sehingga apa yang kita inginkan dapat tercapai dengan baik.



Gambar 8. Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Perhitungan Data

Berdasarkan data yang diperoleh dapat dilakukan perhitungan.

#### Perhitungan Rugi-Rugi Aliran

➤ Perhitungan Rugi Mayor dalam Pipa

Dari deaerator ke pompa (*inlet pump*)

Diketahui pipa pertama ( $d_1$ ), diameter 5 inci = 0,1270 m, dan debit aliran fluida ( $Q$ ) sesuai data spesifikasi pompa yaitu: 40 m<sup>3</sup>/h = 0,011 m<sup>3</sup>/s. Maka dapat ditentukan nilai kecepatan aliran fluida ( $V_1$ ) dengan menggunakan persamaan 2.6, yaitu :

$$V_1 = \frac{Q}{A_1} \quad A_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}$$

$$V_1 = \frac{Q}{\frac{\pi d_1^2}{4}}$$

$$V_1 = \frac{0,011 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{3,14 (0,1270 \text{ m})^2}{4}}$$

$$V_1 = \frac{0,011}{0,0126} \text{ m/s}$$

$$V_1 = 0,8730 \text{ m/s}$$

Dengan viskositas kinematik fluida air pada suhu 90<sup>0</sup> dari tabel 2.1 Sifat air (viskositas kinematik) pada tekanan atmosfer, yaitu :  $\nu = 0,328 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$$Re_1 = \frac{V_1 d_1}{\nu} = \frac{(0,873 \text{ m/s}) \times (0,1270 \text{ m})}{0,328 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

diperoleh nilai bilangan *Reynolds* yaitu:

$$Re_1 = 3,380 \times 10^{-5}$$

Dari tabel koefisien kekasaran pipa ( $\epsilon$ ), pipa terbuat dari besi tempa diperoleh harga  $\epsilon = 0,046 \text{ mm}$ , Maka nilai rasio  $\epsilon/d$  adalah :

$$\frac{\epsilon}{d} = \frac{0,046 \text{ mm}}{127 \text{ mm}} = 0,0003$$

Sehingga nilai faktor gesek diperoleh dari Diagram *Moody* adalah :

$$f_1 = 0,017$$

Maka rugi Mayor  $h_f$  dengan diameter 0,1270 m dan panjang total 3,5 m, dapat diperoleh dengan persamaan 2.10, yaitu:



$$h_f = f \frac{L V^2}{d 2g}$$

$$h_f = 0,019 \frac{3,5 \text{ m}}{0,1270 \text{ m}} \frac{(0,873 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_f = 0,020 \text{ m}$$

#### ➤ Perhitungan Rugi Minor dalam Pipa

Rugi minor adalah rugi yang disebabkan oleh pemakaian sambungan, katup dan belokan. Karena dalam prakteknya digunakan lebih dari satu rugi minor, maka besarnya total rugi minor merupakan jumlah dari setiap rugi minor secara keseluruhannya. Persamaan (2.10) dapat digunakan untuk menghitung rugi-rugi minor tersebut. Total *head losses* yang terjadi merupakan jumlah dari rugi mayor dan rugi minor yang terjadi dan dihitung dengan menggunakan persamaan (2.12) dan atau persamaan (2.13). Rugi minor ( $h_m$ ) pada pipa tergantung dari banyaknya koefisien rerugi (K). Maka dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.13, yaitu :

$$h_m = \sum K \frac{V^2}{2g}$$

#### ✓ Siku 90° (2 buah)

Rumus umum untuk belokan diperoleh dari percobaan *Weisbach*, yaitu:

$K = 0,946 \sin^2 \left( \frac{\theta}{2} \right) + 2,047 \sin^4 \left( \frac{\theta}{2} \right)$ . Dari 2 buah belokan yang terdapat pada instalasi, didapat harga K sebagai berikut :

$$K = 0,946 \sin^2 \left( \frac{90}{2} \right) + 2,047 \sin^4 \left( \frac{90}{2} \right) = 0,98$$

Jadi nilai koefisien rerugi untuk 2 buah sekrup siku 90° adalah:

$$\sum K = 0,98 \times 2 = 1,96$$

Maka total rugi minor sesuai dengan persamaan 2.13, yaitu :

$$h_m = \sum K \frac{V^2}{2g}$$

$$h_m = 1,96 \frac{(0,873 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_m = 0,296 \text{ m}$$

Dari pompa ke *top tank boiler (outlet pump)*

Diketahui pipa kedua ( $d_2$ ) dengan diameter 3 inci = 0,0765 m, dan debit aliran fluida ( $Q$ ) sesuai dengan data spesifikasi pompa yaitu:  $40 \text{ m}^3/\text{h} = 0,011 \text{ m}^3/\text{s}$ , sehingga dapat ditentukan nilai kecepatan aliran fluida ( $V_2$ ) dengan menggunakan persamaan 2.6, yaitu :

$$V_2 = \frac{Q}{A_2} \quad A_2 = \frac{\pi d_2^2}{4}$$

$$V_2 = \frac{Q}{\frac{\pi d_2^2}{4}}$$

$$V_2 = \frac{0,011 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{3,14 \times (0,0765 \text{ m})^2}{4}}$$

$$V_2 = \frac{0,011}{0,000459} \text{ m/s}$$

$$V_2 = 2,3960 \text{ m/s}$$

Dengan mengetahui viskositas kinematik fluida air pada suhu 90° yang diperoleh dari tabel 2.3.1 Sifat air (viskositas kinematik) pada tekanan atmosfer, yaitu :  $\nu = 0,328 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Maka dapat diperoleh nilai bilangan *Reynolds (Reynolds Number)* yaitu:

$$Re_2 = \frac{V_2 d_2}{\nu} = \frac{(2,396 \frac{\text{m}}{\text{s}}) \times (0,0756 \text{ m})}{0,328 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re_2 = 5 \times 10^{-5}$$



Dari tabel koefisien kekasaran pipa ( $\epsilon$ ) pada pipa yang terbuat dari besi tempa diperoleh harga  $\epsilon = 0.046 \text{ mm}$

Maka nilai rasio  $\epsilon/d$  adalah :

$$\frac{\epsilon}{d} = \frac{0.046 \text{ mm}}{76.5 \text{ mm}} = 0.0006$$

Sehingga nilai faktor gesek yang diperoleh dari diagram *Moody* adalah :

$$f_2 = 0.0182$$

Maka rugi Mayor  $h_f$  dengan diameter 0,0765 m dan panjang total 42 m, dapat diperoleh dengan persamaan 2.10, yaitu:

$$h_f = f \frac{L V^2}{d 2g}$$
$$h_f = 0.0182 \frac{42 \text{ m}}{0.0765 \text{ m}} \frac{(2.396 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2}$$
$$h_f = 4.007 \text{ m}$$

➤ Perhitungan Rugi Minor dalam Pipa

Rugi minor adalah rugi yang disebabkan oleh pemakaian sambungan, katup dan belokan. Karena dalam prakteknya digunakan lebih dari satu rugi minor, maka besarnya total rugi minor merupakan jumlah dari setiap rugi minor secara keseluruhannya. Persamaan (2.10) dapat digunakan untuk menghitung rugi-rugi minor tersebut. Total *head losses* yang terjadi merupakan jumlah dari rugi mayor dan rugi minor yang terjadi dan dihitung dengan menggunakan persamaan (2.12) dan atau persamaan (2.13). Rugi minor ( $h_m$ ) pada pipa tergantung dari banyaknya koefisien rerugi (K). Maka dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.13, yaitu :

$$h_m = \sum K \frac{V^2}{2g}$$

✓ Siku 90° (7 buah)

Rumus umum untuk belokan diperoleh dari percobaan *Weisbach*, yaitu:

$$K = 0.946 \sin^2 \left( \frac{\theta}{2} \right) + 2.047 \sin^4 \left( \frac{\theta}{2} \right)$$

Dari 7 buah belokan yang terdapat pada instalasi, didapat harga K sebagai berikut :

$$K = 0.946 \sin^2 \left( \frac{90}{2} \right) + 2.047 \sin^4 \left( \frac{90}{2} \right) = 0.98$$

Jadi nilai koefisien rerugi untuk 7 buah sekrup siku 90° adalah:

$$\sum K = 0.98 \times 7 = 6.86$$

1. Katup gerbang

Pada instalasi pemipaan pengaliran air dari bak *Deaerator* menuju air umpan pada *Boiler* terdapat empat (4) buah katup gerbang.

Untuk menentukan harga koefisien reruginya digunakan tabel koefisien hambatan. Harga K dari tabel koefisien hambatan = 0,24

Maka untuk empat (4) buah katub diperoleh harga  $\sum K = 0.24 \times 4 = 0.96$

2. Lubang keluar

Untuk semua jenis lubang keluar, nilai koefisien rerugi adalah sama, yaitu  $K = 1$ .

➤ Maka jumlah rugi minor yang terdapat pada instalasi pipa yaitu :

Jenis Rugi Minor (K) :

$\sum K = \text{Siku } 90^\circ \text{ dengan } (n = 7 \text{ buah}) + \text{katub gerbang } (n = 4 \text{ buah}) + \text{lubang keluaran tajam}$

$$\sum K = 6.86 + 0.96 + 1$$

$$\sum K =$$

Maka

$$h_m = \sum K$$

$$h_m = 8.8$$

$$h_{m} =$$

Maka

$$h_f - h_f$$

$$h_f = 0$$

$$h_f = 4$$

Maka

$$h_m =$$

$$h_m =$$

$$h_m =$$

$$h_m =$$

Perhit

Denga

pompe

pipa p

sehing

pada p

m/s. I

sebesa

sedang

perhiti

menju

persan

boiler

dilakul



$$\Sigma K = 8,82$$

Maka total rugi minor sesuai dengan persamaan 2.13, yaitu :

$$h_m = \Sigma K \frac{V^2}{2g}$$

$$h_m = 8,82 \frac{(2,396 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_m = 2,580 \text{ m}$$

Maka total rugi-rugi mayor adalah :

$$h_f = h_{f \text{ pipa I}} + h_{f \text{ pipa II}}$$

$$h_f = 0,020 \text{ m} + 4,007 \text{ m}$$

$$h_f = 4,027 \text{ m}$$

Maka total rugi-rugi minor adalah :

$$h_m = h_{m \text{ pipa I}} + h_{m \text{ pipa II}}$$

$$h_m = 0,296 \text{ m} + 2,580 \text{ m}$$

$$h_m = 2,876 \text{ m}$$

### Perhitungan Head Pompa

Dengan menggunakan persamaan (2.4), maka dapat ditentukan besarnya head pompa sebagai berikut:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + \Sigma(h_f + h_m) - h_p$$

$$h_p = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + z_2 - z_1 + \Sigma(h_f + h_m)$$

$$h_p = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + z_2 - z_1 + \Sigma(h_f + h_m)$$

$$h_p = \left( \frac{(1,1 \times 10^5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^2}) - (1,05 \times 10^5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^2})}{985,3 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \right) - \left( \frac{(2,396 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 - (0,8730 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \right)$$

$$+ 12 \text{ m} + 4,027 \text{ m} + 2,876 \text{ m}$$

$$h_p = \left( \frac{5000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^2}}{985,3 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \right) - \left( \frac{4,078 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{2 \times 19,62 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \right) + 12 \text{ m} + 6,903 \text{ m}$$

$$h_p = \left( \frac{5000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^2}}{985,3 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \right) - \left( \frac{4,078 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{2 \times 19,62 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \right) + 12 \text{ m} + 6,903 \text{ m}$$

$$h_p = 0,528 \text{ m} + 0,253 \text{ m} + 12 \text{ m} + 6,903 \text{ m}$$

$$h_p = 19,684 \text{ m}$$

### PEMBAHASAN

Pada pembahasan ini data yang di peroleh dari lapangan yaitu diameter pipa pertama (*inlet pump*) 5 inci dan diameter pipa ke dua (*outlet pump*) 3 inci, sehingga dapat diperoleh luas permukaan agar dapat menghitung kecepatan aliran pada pipa. Kecepatan aliran pada pipa adalah  $V_1 = 0,8730 \text{ m/s}$ , dan  $V_2 = 2,3960 \text{ m/s}$ . Dengan hasil perhitungan diperoleh jumlah total *head losses mayor* ( $h_f$ ) sebesar 4,027 m. Dimana *head losses mayor* pada pipa I sebesar 0,020 m, sedangkan pada pipa yang ke II *head losses mayor* sebesar 4,007 m. Pada perhitungan rugi-rugi minor aliran diperoleh harga sebesar 2,876 m yaitu dengan menjumlahkan rugi-rugi kecil pada pipa I dengan pipa II. Dengan menggunakan persamaan Bernoulli maka diperoleh *head* yang dihasilkan pompa ke air *top tank* boiler sebesar 19,684 m.

### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan perhitungan serta pembahasan data yang dilakukan, maka didapat *head total* sebesar 19,684 m. Dari hasil tersebut dapat



disimpulkan bahwa *head* pompa masih efektif karena *head* total ini masih sangat jauh dari *head* pada spesifikasi pompa. Dimana *head* pompa pada spesifikasi maksimal 630 m

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Subramanya, K, Prof., 1993. *Theory and Application of Fluid Mechanics*, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
2. Triadmojo, Bambang. 1996. *Hidrolika I*, Beta Offset, Yogyakarta.
3. White. Frank. M. dan Wilarjo, Like, Ph.D., 1986. *Mekanika Zahir*, PT. Erlangga, Jakarta.
4. Gerhat, Philip. M. dan Gross, Richard. J. 1985. *Fundamental of Fluid Mechanics*, Addison-Wesley publishing Company, Canada.
5. Triadmojo, Bambang. 1996. *Hidrolika II*, Beta Offset, Yogyakarta.
6. Streeter, Victor. L., Wylie, Benjamin E., dan Projono, Arko. 1996. *Mekanika Fluida*, Jilid ke-1, Edisi ke-8, P.T. Erlangga, Jakarta.

PEN

Huffmu  
(1) Me  
dilakul  
peman  
suatu j  
(2). Al  
karena  
Algori  
Kata k

Latar

berbag  
semua  
tersebi  
akan i  
dikemt

Rumu

perma  
Half-E

Batas:

masak  
1. Pe  
hal  
2. Ha  
(pe  
3. Pe  
me

Tujua

1. Pe  
pe  
2. M